

هورمون رشد، عملکردها و امکان استفاده از آن در ماهیان زینتی

زهره امیرپور^۱، علی حاجی بگلو^{*}، محمد سوداگر^۱، سانا ز عالیه^۱

* alihajibeglou@gmail.com

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
صندوق پستی: ۴۹۱۸۹۴۳۴۶۴

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

هورمون رشد در ماهیان در بیشتر پروسه‌های فیزیولوژیکی بدن شامل: رشد بافت‌های نرم و سخت، متابولیسم پروتئین، لیپید و کربوهیدرات، تنظیم یونی و تعادل اسمزی، عملکرد تولید مثل و سیستم ایمنی دخالت دارد. از آنجاکه مطالعه‌ای در ارتباط با استفاده از هورمون رشد در ماهیان زینتی موجود نمی‌باشد؛ مطالعه حاضر به تنظیم نوروآندوکرینی هورمون رشد در ماهی قرمز به عنوان یکی از معمول‌ترین ماهیان زینتی اشاره می‌کند و عملکرد هورمون رشد در سیستم ایمنی، تنظیم اسمزی و بیان‌ژن‌ها را به عنوان مهم‌ترین اثرات این هورمون که در سایر آبزیان به اثبات رسیده است بیان کرده تا در تحقیقات کاربردی برای استفاده از هورمون رشد در ماهیان زینتی و سایر آبزیان به کار گرفته شود.

کلمات کلیدی: هورمون رشد، عملکرد هورمون رشد، ماهیان زینتی

مقدمه

دگردیسی و تکوین و پارامترهای اکولوژیکی رفتاری مانند اشتها، رفتارهای اجتماعی، شکار، حمله و فرار از شکارچی مشارکت دارد (Pérez *et al.*, 1991; Björnsson, 1997; Waters *et al.*, 1999; Björnsson *et al.*, 2002). از آنجاکه در ماهیان برخلاف دیگر مهره‌داران، رشد در تمامی طول عمر ادامه دارد، برای فعالیتهای هورمون رشد می‌توان یک شبکه منظم و پیچیده‌ای را تعریف کرد که بسیاری از فاکتورهای آندوکرینی و محیطی را در برمی‌گیرد (Canosa *et al.*, 2007). با توجه به نقشهای متفاوت هورمون رشد هدف از این مطالعه بررسی برخی عملکردهای مهم هورمون رشد فرای نقش آن در رشد از جمله بیان ژن، تقویت سیستم ایمنی و تنظیم اسمزی و امکان استفاده از آن در آبزیان زینتی می‌باشد.

مکانیسم اثر هورمون رشد

ترشح هورمون رشد (GH) در هیپوفیز پیشین و تحت تأثیر هورمون آزادکننده هورمون رشد است که در هیپوتالاموس ساخته می‌شود (خواجوی، ۱۳۷۶). اندام هدف هورمون رشد در ابتدا، کبد و گیرندهای این هورمون در کبد می‌باشد (Zhong *et al.*, 2016). گیرندهای هورمون رشد در خارج غشا سلول قرار دارند و دارای یک ناحیه برای اتصال به انتهای آمینی هورمون است. انتهای داخل سلولی گیرنده، تایروزین کیناز است که فعال شدن آن باعث فسفریله شدن تایروزین‌های پروتئین‌های داخل سلولی و تنظیم ژن می‌شود. هورمون رشد باعث افزایش ورود اسیدآمینه به داخل سلول و به دنبال آن افزایش پروتئین‌سازی می‌شود (خواجوی، ۱۳۷۶). همچنین باعث کاهش برداشت گلوکز می‌شود و نیز با تأثیر بر آنزیم‌های مختلف چربی سوز ذخیره چربی را در بافت چربی کاهش داده و اسیدهای چرب آزاد در خون و لیپولیز را افزایش می‌دهد علاوه براین هورمون رشد بر چگونگی مصرف و ذخیره‌سازی مواد معدنی مؤثر بوده و سوخت‌وساز ویتامین‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (خواجوی، ۱۳۷۶). هورمون رشد به‌طور غیرمستقیم با تحریک تولید هورمون‌های پیتیدی دیگر مثل سوماتومندین‌ها از جمله IGF-1 و IGF-2 باعث ایجاد

هورمون رشد یا سوماتوتروپین در دهه‌ی ۱۹۲۰ وقتی ایوانس و سیمسون اثرات عصاره‌ی خام حاصل از هیپوفیز گاوی را اثبات کردند شناسایی شد (Evans and Simsyon., 1931). این کشف که هیپوفیز دارای فاکتوری است که رشد را تحریک می‌کند منجر به نام گذاری این فاکتور به نام هورمون رشد شد (Etherton, 2004). هورمون رشد در مهره‌داران در سلول‌های سوماتوتروف غده هیپوفیز تولید می‌شود. در ماهی‌ها این سلول‌ها عمده‌تاً در پروکسیمال پارس دیستال در هیپوفیز Toubea *et al.*, 1991; Yan and Thomas, 1991; Huang and Specker, 1994; García-Hernández *et al.*, 1996 هورمون رشد یک هورمون پروتئینی تک پلی پپتیدی با وزن مولکولی تقریبی ۲۱ تا ۲۳ کیلو دالتون است این هورمون مشکل از تقریباً ۲۰۰ اسیدآمینه بوده (Canosa *et al.*, 2007) و تنوع زیادی در اندازه نسبت به دیگر مهره‌داران نشان می‌دهد (Sciara *et al.*, 2006) و دارای دو باند داخلی دی سولفیدی است. وجود بخش‌های غنی از سیستئین در اعضای خانواده هورمون رشد بیانگر این است که این توالی بشدت حفاظت‌شده بوده و حاکی از نقش پر اهمیت هورمون رشد در فعالیتهای بیولوژیکی است. (Canosa *et al.*, 2007). ترشح هورمون رشد از غده هیپوفیز قدامی عمدتاً توسط فاکتور آزادکننده هورمون رشد (GHRH) و گرلین تحریک می‌شود. هورمون رشد دارای یک عملکرد فیزیولوژیک پلیوتروپیک آندوکرینی است که به طور مستقیم توسط افزایش ساخت DNA و پروتئین و تجزیه و تحلیل چربی در ماهیچه و به‌طور غیرمستقیم توسط وادر کردن کبد و بافت‌های پیرامونش به تولید و ترشح ژن IGF (فاکتور رشد شبه انسولین) و خصوصاً IGF-1 مؤثر می‌باشد (Riley *et al.*, 2003; Busby *et al.*, 2010). این هورمون در تنظیم فرآیندهای متعدد و پیچیده فیزیولوژیک چون تسريع رشد سوماتیکی، رشد و نمو گنادی، بالانس انرژی، تنظیم متابولیسم چربی‌ها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، تنظیم اسمزی، کارکردهای سیستم ایمنی، تولیدمثل،

بدون مصرف غذای کافی نمی‌تواند رخ دهد. پیوند بین مصرف غذا و ترشح هورمون رشد اخیراً در ماهی قرمز نشان داده شده است. گزارش شده است که هورمون رشد نقش مهمی در تنظیم میزان مصرف غذا دارد. همچنین باعث افزایش در مصرف غذا و بهبود کارایی تبدیل غذا در چندین ماهی استخوانی می‌شود (Johnsson and Björnsson, 1994) در ماهی قرمز نیز ارتباطی بین سطح سرمی هورمون رشد و تغذیه پیدا شده است. هنگامی که ماهی با جیره غذایی ۷/۲ وزن بدن تغذیه شد، افزایش اولیه سطح سرمی را ۳۰ دقیقه پس از تغذیه به دنبال داشت (Himick and Peter, 1994) و به دنبال آن کاهش شدید سطح سرمی در طی ۳ ساعت آینده گزارش شده است (Himick and Peter, 1994).

نقش هورمون رشد در تنظیم اسمزی

یکی از مهمترین تنظیماتی که همه انواع ماهیان باید در محیط‌های اختصاصی خود اعمال کنند، حفظ تعادل آب و نمک بافت‌ها در حد مناسب است. ماهیان باید از نظر فیزیولوژیک قادر باشند که از جذب یا اتلاف بیش از حد آب جلوگیری کنند. هورمون رشد بر روی بروز تحمل و تمایل به نمک در آزادماهیان جوان و رود کوچ تأثیر می‌گذارد (ستاری و همکاران، ۱۳۸۵). هورمون رشد با افزایش تعداد و اندازه سلول‌های کلاید آبشش، افزایش Na^+ -ATPase و ناقل‌های آن‌ها ظرفیت ماهی برای تحمل آب‌شور را افزایش می‌دهد. تنظیم اسمزی توسط کلیه، آبشش‌ها، روده، کبد و پوست صورت می‌گیرد. گیرندهای هورمون رشد در کبد، آبشش، روده و کلیه یافت شده است که این گیرندهای بعد از تماس با آب‌شور افزایش می‌یابند، در ماهی‌های یوری‌هالین GH به این عنوان که سازگاری با آب دریا را از طریق تغییر در مکانیزم ترشحات نمکی افزایش می‌دهد شناخته شده است (McCormick, 2001). همچنین هورمون رشد در ارگان‌های تنظیم اسمزی نیز یافت شده است و می‌تواند به یک شیوه اتوکرینی یا پاراکرینی در این بافت ها عمل کند. برخی از فعالیت‌های هورمون رشد به واسطه فاکتور رشد شبه انسولین صورت می‌گیرد، مشخص شده است که IGF1 میزان تحمل شوری در قزل‌آلای رنگین‌کمان، سالمون، اطلس و کیلی فیش را

۲۵

رشد طولی می‌شود. بخش عمده کار این هورمون به واسطه سوماتومدین‌ها صورت می‌گیرد (خواجوى، ۱۳۷۶؛ ثمینى، ۱۳۷۸). با تحریک سنتز سوماتومدین‌ها توسط هورمون رشد، سوماتومدین‌ها برداشت سولفات به داخل غضروف را افزایش می‌دهند و احتمالاً سوماتومدین‌ها میانجی‌های اصلی در روندهای سلولی در رابطه با رشد استخوانی می‌باشند. هورمون رشد در کبد متابولیزه شده و توسط صفراء دفع می‌شود (Strobl and Thomas, 1994).

تنظیم نور و آندوکربینی ترشح هورمون رشد در ماهی قرمز

Peng and Peter (۱۹۹۷) بیان کردند که یک گروه از عوامل ممکن است در مراحل مختلف جنسی ماهی قرمز در تنظیم ترشح هورمون رشد موثر باشند. سطح سرمی هورمون رشد در ماهی قرمز در اوایل بهار یا اوایل تابستان بیشترین مقدار را دارد و پایین‌ترین سطح سرمی هورمون رشد در ماهی قرمز در فصل پاییز است این نشان می‌دهد که تغییرات سطح سرمی هورمون رشد متأثر از تغییرات فصلی است. بر اساس فصلی بودن ترشح هورمون رشد در ماهی قرمز، عوامل تحریک کننده آزاد سازی هورمون رشد را می‌توان به ۳ گروه تقسیم کرد: فاکتور آزاد کننده و دوپامین که در ماهی‌های نابالغ مؤثرتر هستند و هورمون آزاد کننده گنادوتropین، نور اپی‌نفرین و هورمون آزاد کننده تیروتropین که در ماهی‌های بالغ قوی تر هستند؛ همچنین درمان طولانی مدت با عوامل نورواندوکربینی که باعث ترشح هورمون رشد می‌شوند، میزان رشد ماهی قرمز را نیز افزایش می‌دهد. سروتونین (Wong, 1993) و نوراپی‌نفرین ترشح هورمون رشد را در *in vitro* و *in vivo* در ماهی قرمز مهار می‌کند (Chang *et al.*, 1985). اما نقش فیزیولوژیکی نور اپی‌نفرین در تنظیم ترشح هورمون رشد هنوز مشخص نشده است. Trudeau و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که نقش اصلی در جلوگیری از ترشح این هورمون در ماهی قرمز توسط گلوبولاتامات صورت می‌گیرد. همچنین تزریق داخل صفاقی دوپامین باعث افزایش سطح سرمی هورمون رشد می‌شود (Chang *et al.*, 1985) و همکاران (Himick, 1996) تایید کردند که کوله سیتوکرینین به طور مستقیم در تنظیم ترشح هورمون رشد درگیر است. واضح است که رشد

بیان ژن IGF-I را در آبشش‌ها تحریک می‌کند و به عنوان یک عضو اصلی تنظیم اسمزی در آب دریا می‌باشد (McCormick, 2001).

نقش هورمون رشد در عملکرد سیستم ایمنی

ایمنی در ماهیان همانند همه مهره‌داران دیگر نقش مهمی را در حمایت جانور علیه بیماری‌ها داشته است که به دو دسته ایمنی غیراختصاصی و ایمنی اختصاصی تقسیم می‌شود (Kumari *et al.*, 2006). پیشرفت در رویکردهای مولکولی در ایمونولوژی اثبات می‌کند که ماهی دارای شبکه پیچیده‌ای از سیستم ایمنی شبیه به پستانداران است که شامل انواع لکوسیت‌ها، ایمونوگلوبولین، فاکتورهای مکمل، گیرنده‌های سلولی T و عوامل هومورال، مانند سیتوکین‌ها و هورمون‌ها می‌باشد (Secombes *et al.*, 1998; Yada and Nakanishi, 2002; Bird *et al.*, 2006; Bird *et al.*, 2006; Rasquin در سال ۱۹۵۱ منتشر شد. تزريق GH عصاره هیپوفیز کپور به ماهی (Astyanax mexicanus) منجر به افزایش تعداد لکوسیت‌ها در فوق کلیه و طحال شد. تزريق هورمون رشد گاو به تیلاپیا موزامبیک (*Oreochromis mossambicus*) و ماهی قزل‌آلارنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) می‌کند، بلکه تولید آنتی‌بادی در برابر این GH هترولوگوس را نیز افزایش می‌دهد (Leedom *et al.*, 2002; Biga *et al.*, 2005) و همکاران (Calduch-Giner, 2005) نشان دادند که لفوسیت‌های ماهی سی بریم (*Sparus aurata*) دارای گیرنده‌های GH می‌باشند. در ماهی قزل‌آلارنگین کمان مقادیر بسیار زیادی mRNA گیرنده GH در چندین بافت از جمله طحال توسط real time PCR مشاهده شد (Very *et al.*, 2005) این مشاهدات حاکی از نقش مستقیم GH در عملکرد سیستم ایمنی در ماهیان می‌باشد (Soares, 2004). امروزه آشکارشده است که در مهره‌داران متكامل‌تر هورمون‌های سموتوژنیک از جمله GH، تنظیمات تحریکات مهم سیستم ایمنی بدن را باعث می‌شوند. علاوه بر این، GH و IGF-I در سلول‌های لنفوئیدی و بافت‌های موجود در مهره‌داران متكامل‌تر که تکثیر لکوسیت‌ها را تحریک می‌کنند، تولید می‌شوند (Clark, 1997; Dorshkind and Horseman, 2000;)

(Auperin *et al.*, 1995). همچنین محور هورمون رشد و IGF1 در سازگاری‌های فیزیولوژیکی مقدماتی که تغییر شکل پار-اسمولت آزادماهیان آنادارموس، فعالیت Na⁺ و K-ATPase و تغییرات در روده و کلیه را شامل می‌شود؛ نقش مؤثری دارد و باعث افزایش اندازه و تعداد سلول‌های کلراید آبشش می‌شود که برای ورود به آب‌شور و سازگاری با آن ضروری است، مقادیر هورمون رشد و IGF1 طی فرایند اسمولت شدن افزایش می‌یابد و نسبت به فتوپریود و دما واکنش نشان می‌دهد و با زمان‌بندی افزایش تحمل شوری را تغییر می‌دهد همچنین گیرنده‌های IGF-1 نیز به تعداد کمتر در بافت آبشش سالمون و تیلاپیا یافت شده‌اند (Soares *et al.*, 2007). تیمار کوتاه‌مدت ماهیان آب شیرین با هورمون رشد و IGF1 می‌تواند میزان تحمل شوری را قبل از افزایش Na⁺-K⁺-ATPase و آب‌شور افزایش دهد. این موضوع بیان می‌دارد که احتمالاً هورمون رشد و IGF1 از طریق جلوگیری از آپتیوز سلول‌های کلرید آبشش اثر حفاظتی ایجاد می‌نماید که بدین‌وسیله ظرفیت ترشحی نمک را در آبشش حفظ می‌نمایند. اثر هورمون رشد روی تحمل میزان شوری و تمایز مکانیسم‌های مربوط به ترشح نمک، محدود به آزادماهیان نیست، زیرا مشخص شد که این اثر در دو گونه دیگر بوری‌هالین، یعنی تیلاپیا و کیلی فیش وجود دارد. از آنجایی که هورمون رشد و IGF1 هم دارای اثراتی روی تکثیر و تمایز بسیاری از انواع سلول‌ها شامل غضروف، ماهیچه و سلول‌های جنینی ماهیان می‌باشد، اثر آن‌ها روی تکثیر سلول در بافت تنظیم اسمزی ممکن است مورد انتظار باشد (Prunet *et al.*, 2000). همچنین در یک بررسی میزان بیان ژن هورمون رشد آزادماهی دریایی خزر (*Salmo trutta caspius*) در دو محیط آب شیرین و شور را مورد مقایسه قراردادند و این نتیجه را بیان کردند که میزان بیان ژن هورمون رشد پس از مرحله اسمولت شدن در مواجهه با آب‌شور و باگذشت زمان افزایش می‌یابد که این نتیجه گویای نقش ژن هورمون رشد به عنوان فاکتور مهم سازگاری با شوری می‌باشد (شريف، ۱۳۹۰)؛ بنابراین GH به‌طور مستقیم

یک جلوگیری کننده از سرکوب اینمی توسط گلوكورتیکوئید اسید در پستانداران و ماهی‌ها شناخته شده است (Dorshkind and Horseman, 2000; Jeay *et al.*, 2002; Yada *et al.*, 2004).

نقش هورمون رشد در بیان ژن‌های مختلف

در همه موجودات فعالیت سلول‌ها با فعال یا غیرفعال کردن بیان ژن‌ها تنظیم می‌شود. ژنوم موجودات یوکاریوتی دارای تعداد زیادی ژن است ولی در هر سلول تنها بخشی از ژن‌ها بیان می‌شوند که به نوع عمل سلول بستگی دارد و به طور مستقیم بیان ژن به تعداد نسخه‌های mRNA ژن در یک بافت گفته می‌شود؛ که سطوح بیان ژن با میزان پروتئین مربوطه رابطه مستقیمی دارد. با توجه به اینکه ماهیان متنوع ترین و پرتعدادترین گروه از مهره‌داران را تشکیل می‌دهند اخیراً بررسی الگوی بیان ژن‌های کد کننده مهم در ماهیان موردن توجه بسیاری از دانشمندان قرار گرفته است که از میان ژن‌های مختلفی که مورد بررسی قرار گرفته است ژن هورمون رشد (GH) به دلیل نقش‌های زیادی که بر عهده دارد، موردن توجه و بررسی بیشتری قرار گرفته است (عبدالله‌نژاد، ۱۳۹۱). در ماهیان این هورمون می‌تواند در بافت‌هایی غیر از هیپوفیز در ماهیان بالغ و در جنین بیان شود (Takayama *et al.*, 1991). اخیراً بیان ژن هورمون رشد در ماهیان در مکان هایی غیر از هیپوفیز مانند کلیه در سیم دریایی سر طایی (Calduch-Giner and Pérez-Sánchez, 1999) آبشش، مغز، قلب، کلیه، کبد، زوائد پیلوریک و تخمدان در قزل‌آلای رنگین کمان (Yang *et al.*, 1999) مشاهده شده است. هورمون رشد به طور مستقیم و غیرمستقیم در بیان ژن‌های متعددی نقش دارد (Zhong *et al.*, 2016). در یک مطالعه بعد از تزریق هورمون رشد نوترکیب انسانی به میزان ۲ میکروگرم بر گرم به ماهی کپور معمولی تأثیر این هورمون بر تغییرات بیان ژن مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از آن بود که ژن‌های کد کننده رشد سلولی (-SPRY domain-containing SOCS box protein 3 (SOS), Vitellogenin isoform X2)، (Vitellogenin B1, Vitellogenin B2)، (Solute carrier family 25 (fraindeneای سیستم اینمی) (Solute carrier family 25 member 38-A, E3 ubiquitin-protein ligase UBR4).

۲۷

(Venters, 2001; Jeay *et al.*, 2002) موجب افزایش بسیاری از جنبه‌های عملکردی سیستم اینمی می‌شود از جمله دفاع غیراختصاصی، سیتو توکسیک (سلول‌های T کشند)، فاگوسیتیک (بیگانه خوار)، همولیتیک و فعالیت‌های لیزوژیم. این هورمون همچنین تولید ایمونوگلوبولین‌ها را به عنوان نوع خاصی از دفاع فعال می‌کند و سطح سرولوپلاسمین را به عنوان پروتئین فاز حاد افزایش می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد سیستم اینمی ماهی توسط GH عمده‌تاً بر اقدامات آن در فاگوسیتیوز مرکز بوده است. مکشوف است که GH میزان ذرات توسط لکوسیت‌های ماهی در شرایط آزمایشگاهی جذب ذرات که نشان‌دهنده فعال شدن فعالیت Sakai *et al.*, 1995; Caldugh-Giner (et al., 1997; Narnaware *et al.*, 1997) فاگوسیتیک است (Sakai *et al.*, 1995; Muñoz *et al.*, 1998; Yada and Nakanishi, 2002; Yada *et al.*, 2004) همچنین سطح محیط آزمایشگاهی باعث افزایش تولید آنیون سوپراکسید (Sakai *et al.*, 1995; Muñoz *et al.*, 1998; Yada and Nakanishi, 2002; Yada *et al.*, 2004) می‌شود (Yada *et al.*, 2001, 2004). تجویز GH در باعث می‌شود (Yada *et al.*, 2001, 2004) فاگوسیتیوزیس، بلکه دفاع‌های هومورال در ماهی را نیز تنظیم می‌کند. فعالیت همولیتیک سرم در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان توسط GH خارجی افزایش یافته (Sakai *et al.*, 1996). تزریق صفاقی GH نیز باعث افزایش فعالیت لیزوژیم پلاسمای ماهی قزل‌آلای شد (Yada *et al.*, 2001). بدین ترتیب، تزریق صفاقی GH باعث افزایش ترشح لیزوژیم از نوتروفیل‌های قزل‌آلای شد که منبع اصلی فعالیت لیزوژیم در پلاسمای است (Yada *et al.*, 2004). هیپوفیزیکتومی در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان موجب افزایش معنی‌داری در میزان سرولوپلاسمین در پلاسمای می‌شود که پروتئین واکنش‌دهنده فاز حاد می‌باشد و در طی التهاب تولید می‌شود (Yada *et al.*, 2004). در این ماهی‌ها، ایمپلنت پلت حاوی GH افزایش سرولوپلاسمین در پلاسمای را به سطوح عادی بهبود بخشید که نشان‌دهنده آن است که توسط GH شتاب بهبود از آسیب را می‌توان افزایش داد (Yada *et al.*, 2004). علاوه بر این هورمون رشد می‌تواند عملکرد تیموس و سیستم اینمی و تولید اینترکولین از سلول‌های اپیتلیال را تحیریک کند (Napolitano *et al.*, 2001, 2008).

منابع

- ثمینی، م.، ۱۳۷۸.** فارماکولوژی هورمون رشد. رازی، شماره دهم، ص ۹-۶.
- خواجه‌یوسفی، م.، ۱۳۷۶.** بررسی اثر تزریق هورمون‌های تیروئیدی و هورمون رشد بر تولید شیر گاوهاشییری نژاد سرابی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ۹۰ ص.
- عبدالله‌نژاد، ز.، ۱۳۹۱.** بررسی بیان ژن هورمون رشد طی مراحل تکاملی در تاس ماهی سیبری (*Acipenser baerii*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان. ۷۹ ص.
- ستاری، م.، شاهسونی، د.، شعبانی پور، ن. و شفیعی، ش.، ۱۳۸۵.** ماهی‌شناسی (۱). رشت، چاپ دوم، نشر حق‌شناس. ۶۶۲ ص.
- شریف، س.، ۱۳۹۰.** مقایسه بیان ژن هورمون رشد آزاده‌ای دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) در دو محیط آب شیرین و شور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. دانشکده منابع طبیعی- گروه شیلات و محیط‌زیست. ۱۱۴ ص.
- Auperin, B., Rentier-Delrue, F., Martial, J. A., and Prunet, P., 1995.** Regulation of gill prolactin receptors in tilapia (*Oreochromis niloticus*) after a change in salinity or hypophysectomy. Journal of Endocrinology, 145: 213-220.
- Biga, P.R., Peterson, B.C., Schelling, G.T., Hardy, R.W., Cain, K.D., Overturf, K. and Ott, T.L., 2005.** Bovine growth hormone treatment increased IGF-I in circulation and induced the production of a specific immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 246: 437-445.
- Bird, S., Zou, J. and Secombes, C.J., 2006.** Advances in fish cytokine biology give clues to the evolution of a complex network. Current Pharmaceutical Design, 12: 3051-3069.

isoform X10, MHC class I antigen (partial, Complement factor H like 3 precursor) بعد از تزریق در کبد بیان شدند. ژن‌های کلیدی توسعه گنادی نیز در سطح کمتری در کبد بیان شدند که نشان می‌دهد هورمون رشد با تأثیر بر بیان ژن‌های مرتبط با رشد جنسی بر رشد جنسی نیز مؤثر می‌باشد. در مجموع ۱۶۸ ژن بعد از تزریق هورمون رشد بیان شد که این ژن‌ها فعالیت فیزیولوژیکی همچون فرایندهای توسعه و مرگ سلولی، فرایندهای قابل تنظیم مانند تنظیم اسمزی و تولید مثل، فرایندهای پاسخ به محرك، فرایندهای سیگنانالی و فرایندهای ایمنی اختصاص داشتند که نشان می‌دهد هورمون رشد فعالیتهای زیادی را در کپور معمولی تنظیم می‌کند (Zhong et al., 2016). همچنین گزارش شده است که اثر آنابولیکی هورمون رشد می‌تواند به واسطه کاهش سطوح بیان ژن میوساتین از کاهش رشد ماهیچه جلوگیری کند (Roberts et al., 2004).

نتیجه‌گیری

هورمون رشد دارای یک عملکرد فیزیولوژیک پلیوتروپیک آندوکرینی است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در تنظیم فرایندهای متعدد و پیچیده فیزیولوژیک چون تسریع رشد سوماتیکی، رشد و نمو گنادی، بیان ژن‌ها، بالانس انرژی، تنظیم متابولیسم چربی‌ها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، تنظیم اسمزی، کارکردهای سیستم ایمنی، تولید مثل، دگردیسی و تکوین و پارامترهای اکولوژیکی رفتاری مانند اشتها، رفتارهای اجتماعی، شکار، حمله و فرار از شکارچی و اثر بر روی تکثیر و تمایز بسیاری از انواع سلول‌ها شامل غضروف، ماهیچه و سلول‌های جنینی ماهیان نقش دارد و از آنجاکه در ماهیان برخلاف دیگر مهره‌داران، رشد در تمامی طول عمر ادامه دارد، برای فعالیتهای هورمون رشد می‌توان یک شبکه منظم و پیچیده‌ای را تعریف کرد که بسیاری از فاکتورهای آندوکرینی و محیطی را در برمی‌گیرد و با توجه به نقش‌های متفاوت بیان شده در رابطه با هورمون رشد و عدم وجود مطالعه جامع درباره هورمون رشد و اثرات آن در ماهیان زینتی؛ مطالعات آزمایشگاهی بیشتری در مورد هورمون رشد اگزوژن در دوره‌های تکاملی رشد ماهیان زینتی و سایر آبزیان پیشنهاد می‌شود.

- Björnsson, B.T., 1997.** The biology of salmon growth hormone: from daylight to dominance. *Fish Physiology and Biochemistry*. 17: 9-24.
- Björnsson, B. T., Johansson, V., Benedet, S., Einarsdottir, I. E., Hildahl, J., Agustsson, T and Jönsson, E., 2002.** Growth hormone endocrinology of salmonids: regulatory mechanisms and mode of action. *Fish Physiology and Biochemistry*. 27: 227-242.
- Busby, E. R., Roch, G. J and Sherwood, N. M., 2010.** Endocrinology of zebrafish: a small fish with a large gene pool. In *Fish Physiology*. 29: 173-247.
- Calduch-Giner, J. A., Sitja-Bobadilla, A., Alvarez-Pellitero, P and Pérez-Sánchez, J., 1995.** Evidence for a direct action of GH on haemopoietic cells of a marine fish, the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Journal of endocrinology*. 146: 459-467.
- Calduch-Giner, J. A., Sitjà-Bobadilla, A., Alvarez-Pellitero, P and Pérez-Sánchez, J., 1997.** Growth hormone as an in vitro phagocyte-activating factor in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Cell and tissue research*. 287: 535-540.
- Calduch-Giner, J. A and Pérez-Sánchez, J., 1999.** Expression of growth hormone gene in the head kidney of Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*). *Journal of Experimental Zoology*. 283: 326-330.
- Canosa, L. F., Chang, J. P. and Peter, R. E., 2007.** Neuroendocrine control of growth hormone in fish. *Endocrinology*. 151: 1-26.
- Chang, J. P., Marchant, T. A., Cook, A. F., Nahorniak, C. S and Peter, R. E., 1985.** Influences of catecholamines on growth hormone release in female goldfish, *Carassius auratus*. *Neuroendocrinology*. 40: 463-470.
- Clark, R., 1997.** The somatogenic hormones and insulin-like growth factor-1: stimulators of lymphopoiesis and immune function. *Endocrine reviews*. 18: 157-179.
- Dorshkind, K and Horseman, N. D., 2000.** The roles of prolactin, growth hormone, insulin-like growth factor-I, and thyroid hormones in lymphocyte development and function: insights from genetic models of hormone and hormone receptor deficiency. *Endocrine Reviews*. 21: 292-312.
- Etherton, T. D., 2004.** Somatotropic function: the somatomedin hypophysis revisited. *J. Anim Sci*, 82: 239-244.
- Evans, H. M and Simpson, M. E. 1931.** Hormones of the anterior hypophysis. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 98: 511-546.
- García-Hernández, M. P., García-Ayala, A., Elbal, M. T and Agulleiro, B., 1996.** The adenohypophysis of Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerilii* (Risso, 1810): an immunocytochemical study. *Tissue and Cell*. 28: 577-585.
- Himick, B. A and Peter, R. E., 1994.** Neuropeptide regulation of feeding and growth hormone secretion in fish. *Netherlands journal of zoology*. 45: 3-9.
- Himick, B. A., Vigna, S. R and Peter, R. E., 1996.** Characterization of cholecystokinin binding sites in goldfish brain and pituitary. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 271: 137-143.

- Huang, L. and Specker, J.L., 1994.** Growth hormone-and prolactin-producing cells in the pituitary gland of striped bass (*Morone saxatilis*): Immunocytochemical characterization at different life stages. General and Comparative Endocrinology, 94: 225-236.
- Jeay, S., Sonenshein, G.E., Postel-Vinay, M.C., Kelly, P.A. and Baixeras, E., 2002.** Growth hormone can act as a cytokine controlling survival and proliferation of immune cells: new insights into signaling pathways. Molecular and Cellular Endocrinology, 188: 1-7.
- Johnsson, J.I. and Björnsson, B.T., 1994.** Growth hormone increases growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Animal behaviour, 48: 177-186.
- Kumari, P., Sharma, P., Srivastava, S. and Srivastava, M.M., 2006.** Biosorption studies on shelled *Moringa oleifera* Lamarck seed powder: Removal and recovery of arsenic from aqueous system. International Journal of Mineral Processing, 78: 131-139.
- Leedom, T.A., Uchida, K., Yada, T., Richman III, N.H., Byatt, J.C., Collier, R.J. and Grau, E.G., 2002.** Recombinant bovine growth hormone treatment of tilapia: Growth response, metabolic clearance, receptor binding and immunoglobulin production. Aquaculture, 207: 359-380.
- McCormick, S.D., 2001.** Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. American Zoologist, 41: 781-794.
- Muñoz, P., Calduch-Giner, J.A., Sitjà-Bobadilla, A., Alvarez-Pellitero, P. and Pérez-Sánchez, J., 1998.** Modulation of the respiratory burst activity of Mediterranean Sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) phagocytes by growth hormone and parasitic status. Fish and Shellfish Immunology, 8: 25-36.
- Narnaware, Y.K., Kelly, S.P. and Woo, N.Y., 1997.** Effect of injected growth hormone on phagocytosis in silver sea bream (*Sparus sarba*) adapted to hyper- and hypo-osmotic salinities. Fish and Shellfish Immunology, 7: 515-517.
- Napolitano, L.A., Grant, R.M., Deeks, S.G., Schmidt, D., De Rosa, S.C., Herzenberg, L.A. and McCune, J.M., 2001.** Increased production of IL-7 accompanies HIV-1-mediated T-cell depletion: implications for T-cell homeostasis. Nature Medicine, 7: 73-83.
- Napolitano, L.A., Schmidt, D., Gotway, M.B., Ameli, N., Filbert, E.L., Ng, M.M. and Li, K., 2008.** Growth hormone enhances thymic function in HIV-1-infected adults. The Journal of Clinical Investigation, 118: 1085-1098.
- Peng, C. and Peter, R.E., 1997.** Neuroendocrine regulation of growth hormone secretion and growth in fish. Zoological Studies-Taipei, 36: 79-89.
- Pérez, J.S., Smal, J. and Le, P.B., 1991.** Location and characterization of growth hormone binding sites in the central nervous system of a teleost fish (*Oncorhynchus mykiss*). Growth Regulation, 1: 145-152.
- Prunet, P., Sandra, O., Rouzic, P.L., Marchand, O. and Laudet, V., 2000.** Molecular characterization of the prolactin receptor in two fish species, tilapia *Oreochromis niloticus* and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: A comparative approach. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 78: 1086-1096.

- Rasquin, P., 1951.** Effects of carp pituitary and mammalian ACTH on the endocrine and lymphoid systems of the teleost *Astyanax mexicanus*. *Journal of Experimental Zoology*, 117: 317-357.
- Riley, L.G., Hirano, T. and Grau, E.G., 2003.** Effects of transfer from seawater to fresh water on the growth hormone/insulin-like growth factor-I axis and prolactin in the Tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 136: 647-655.
- Roberts, S.B., McCauley, L.A., Devlin, R.H. and Goetz, F.W., 2004.** Transgenic salmon overexpressing growth hormone exhibit decreased myostatin transcript and protein expression. *Journal of Experimental Biology*, 207: 3741-3748.
- Sakai, M., Kobayashi, M. and Kawauchi, H., 1995.** Enhancement of chemiluminescent responses of phagocytic cells from rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, by injection of growth hormone. *Fish and Shellfish Immunology*, 5: 375-379.
- Sakai, M., Kobayashi, M. and Kawauchi, H., 1996.** *In vitro* activation of fish phagocytic cells by GH, prolactin and somatolactin. *Journal of Endocrinology*, 151: 113-118.
- Sciara, A.A., Rubiolo, J. A., Somoza, G.M. and Arranz, S.E., 2006.** Molecular cloning, expression and immunological characterization of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) growth hormone. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 142: 284-292.
- Secombes, C., Zou, J., Daniels, G., Cunningham, C., Koussounadis, A. and Kemp, G., 1998.** Rainbow trout cytokine and cytokine receptor genes. *Immunological Reviews*, 166: 333-340.
- Soares, M.J., 2004.** The prolactin and growth hormone families: Pregnancy-specific hormones/cytokines at the maternal-fetal interface. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2: 51.
- Soares, M.J., Konno, T. and Alam, S.K., 2007.** The prolactin family: Effectors of pregnancy-dependent adaptations. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 18(3): 114-121.
- Strobl, J.S. and Thomas, M.J., 1994.** Human growth hormone. *Pharmacological Reviews*, 46: 1-34.
- Takayama, Y., Ono, M., Rand-Weawwr, M. and Kawauchi, H., 1991.** Greater conservation of somatolactin, a presumed pituitary hormone of the growth hormone/prolactin family than of growth hormone in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, 83: 366-374.
- Toubea, G., Poilve, A., Baras, E., Nonclercq, D., Moor, S. D., Beckers, F., Dessy-Dessy-Doize, C. and Heuson-Stionnon, A., 1991.** Immunocyto-chemical study of cell type distribution in the pituitary of *Barbus barbus* (*Teloestei, Cyprinidae*). *General and Comparative Endocrinology*, 83: 35-47.
- Trudeau, V.L., Sloley, B.D., Kah, O., Mons, N., Dulka, J.G. and Peter, R.E., 1996.** Regulation of Growth Hormone Secretion by Amino Acid Neurotransmitters in the Goldfish (I): Inhibition by N-Methyl-d, l-aspartic Acid. *General and Comparative Endocrinology*, 103: 129-137.

- Venters, H.K., 2001.** Growth hormone and insulin-like growth factor as cytokines in the immune system. *Psychoneuroimmunology*, 1: 339-362.
- Very, N.M., Kittilson, J.D., Norbeck, L.A. and Sheridan, M.A., 2005.** Isolation, characterization, and distribution of two cDNAs encoding for growth hormone receptor in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 140: 615-628.
- Waters, M.J., Shang, C.A., Behncken, S.N., Tam, S.P., Li, H., Shen, B. and Lobie, P.E., 1999.** Growth hormone as a cytokine. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 26: 760-764.
- Wong, A.O.L., 1993.** Dopamine D1 regulation of growth hormone release in the goldfish. Ph.D. thesis, University of Alberta. 277 P.
- Yada, T., Azuma, T. and Takagi, Y., 2001.** Stimulation of non-specific immune functions in seawater-acclimated rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, with reference to the role of growth hormone. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 129: 695-701.
- Yada, T. and Nakanishi, T., 2002.** Interaction between endocrine and immune systems in fish. In *international review of cytology*, Academic Press, 220: 35-92.
- Yada, T., Muto, K., Azuma, T. and Ikuta, K., 2004.** Effects of prolactin and growth hormone on plasma levels of lysozyme and ceruloplasmin in rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 139: 57-63.
- Yan, H.Y. and Thomas, P., 1991.** Histochemical and immunocytochemical identification of the pituitary cell types in three sciaenid fishes: Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*), spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*), and red drum (*Sciaenops ocellatus*). *General and comparative endocrinology*. 84: 389-400.
- Yang, B.Y., Greene, M. And Chen, T.T., 1999.** Early embryonic expression of the growth hormone family protein genes in the developing rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Molecular Reproduction and Development: Incorporating Gamete Research*, 53(2): 127-134.
- Zhong, H., Li, J., Zhou, Y., Li, H., Tang, Y., Yu, J. and Yu, F., 2016.** A transcriptome resource for common carp after growth hormone stimulation. *Marine Genomics*, 25: 25-27.

Growth hormone, functions and the ability to use it in ornamental fish

Amirpour Z.¹; Hajibeglou A.^{1*}; Sodagar M.¹; Aleieh S.¹

* alihajibeglou@gmail.com

1-Department of propagation and cultivation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Post box: 4918943464

Abstract

The growth hormone in fish is involved in most of the physiological processes in the body, including the growth of soft and hard tissues, protein metabolism, lipid and carbohydrate, ionic regulation and osmotic balance, reproductive function, and immune system. Since the study on the use of growth hormone in ornamental fish is not available, the present study aims to regulate neuroendocrine growth of the growth hormone in red fish as one of the most common ornamental fish, and the performance of the growth hormone in the immune system, osmotic regulation, and expressions as the most important. The effects of this hormone proven in other aquatic animals have been shown to be used in applied research for the use of growth hormone in ornamental fish and other aquatic animals.

Keywords: Growth, Hormone, Growth hormone, Ornamental fish.